

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-184336

(43)Date of publication of application : 28.06.2002

(51)Int.Cl.

H01J 37/153

G03F 7/20

H01J 37/147

H01J 37/28

H01L 21/027

(21)Application number : 2000-377027

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 12.12.2000

(72)Inventor : NAKAMURA KUNIYASU

KANDA KIMIO

SATO MITSUGI

ICHIHASHI MIKIO

SHINADA HIROYUKI

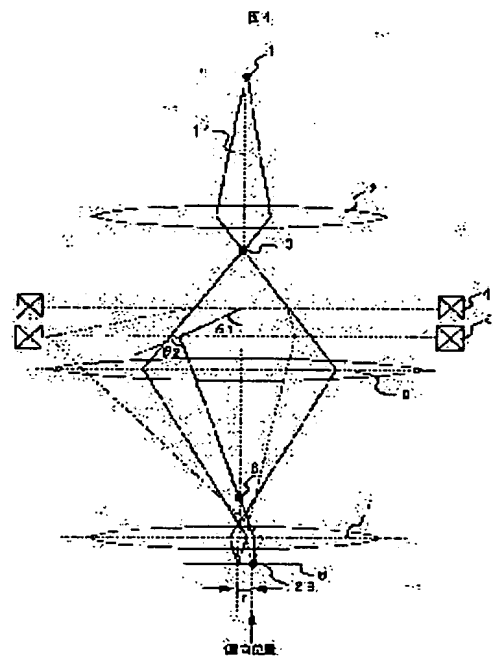
TOKIDA RURIKO

(54) CHARGED PARTICLE BEAM MICROSCOPE DEVICE, CHARGED PARTICLE BEAM APPLICATION DEVICE, CHARGED PARTICLE BEAM MICROSCOPIC METHOD, CHARGED PARTICLE BEAM INSPECTION METHOD AND ELECTRON MICROSCOPE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electron microscope device using a short focus objective lens that enables acquiring a good image of high resolution without any distortion in a wide range from low magnification to high magnification at the observation in low acceleration voltage condition.

SOLUTION: In the electron microscope device that is constructed of an electron source 1, a focus lens 2, an upper stage deflection coil 4, a lower stage deflection coil 5, an objective lens 7, and a correction magnetic field lens 9 for electron beam deflection or the like, the distortion aberration that is generated in the objective lens 7 is cancelled by the reverse direction distortion aberration caused by the correction magnetic field lens 9 for electron deflection, and a good scanning electron microscopic image having a high resolution without any distortion in a wide range from low magnification to high magnification is obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

30.03.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-184336

(P2002-184336A)

(43) 公開日 平成14年6月28日 (2002. 6. 28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 J 37/153		H 0 1 J 37/153	B 2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 4	G 0 3 F 7/20	5 0 4 5 C 0 3 3
H 0 1 J 37/147		H 0 1 J 37/147	B 5 F 0 5 6
37/28		37/28	B
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 4 1 B
審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 16 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-377027(P2000-377027)

(22) 出願日 平成12年12月12日 (2000. 12. 12)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 中村 邦康

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 神田 公生

茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会

社日立製作所計測器グループ内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外2名)

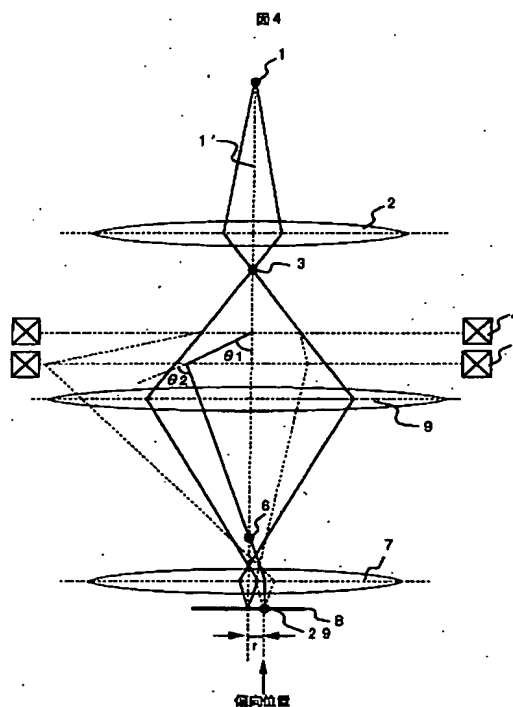
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電粒子線顕微鏡装置、荷電粒子線応用装置、荷電粒子線顕微方法、荷電粒子線検査方法、及び電子顕微鏡装置

(57) 【要約】

【課題】短焦点の対物レンズを用いた電子顕微鏡装置において、低加速電圧条件での観察時に、低倍率から高倍率までの広い倍率範囲において高解像度で歪みのない良好な画像の取得を可能とする電子顕微鏡装置を提供する。

【解決手段】電子源1、収束レンズ2、上段偏向コイル4、下段偏向コイル5、対物レンズ7、電子線偏向用の補正磁界レンズ9等から構成される電子顕微鏡装置において、対物レンズ7で発生する歪曲収差を電子線偏向用の補正磁界レンズ9で発生させた逆向きの歪曲収差によってキャンセルし、低倍率から高倍率までの広い倍率範囲において高解像度で歪みのない良好な走査電子顕微鏡像を取得する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】荷電粒子線を収束させるための収束レンズと、試料を載置した試料台と、荷電粒子線を前記試料上に結像させるための対物レンズと、前記対物レンズで発生する歪曲収差を打ち消す如く補正する如く励磁された補正レンズと、前記補正レンズを挟んで前記試料台に載置された試料上を荷電粒子線が走査するための偏向器と、を有することを特徴とする荷電粒子線顕微鏡装置。

【請求項2】荷電粒子源と、前記荷電粒子源より発生した荷電粒子線を収束させるための収束レンズと、前記収束レンズを経た荷電粒子線を偏向するための偏向器と、試料を載置した試料台と、前記偏向器により偏向された荷電粒子線を前記試料台の試料上に結像させるための対物レンズと、前記対物レンズと前記偏向器との間に前記対物レンズで発生する歪曲収差を補正するための補正レンズと、を具備することを特徴とする荷電粒子線応用装置。

【請求項3】前記偏向器は上段偏向器と下段振り戻し偏向器から成ることを特徴とする請求項2記載の荷電粒子線応用装置。

【請求項4】前記補正レンズは前記対物レンズの歪曲収差を打ち消す方向の歪曲収差を有することを特徴する請求項2記載の荷電粒子線応用装置。

【請求項5】荷電粒子線を偏向するための偏向器と、試料を載置した試料台と、前記偏向器により偏向された荷電粒子線を前記試料台の試料上に結像させるための対物レンズと、前記試料台と前記対物レンズとの間に設けられた第2レンズと、前記対物レンズと前記偏向器との間に前記対物レンズと前記第2のレンズで発生する偏向歪みを補正するための第1のレンズを設けてなることを特徴とする荷電粒子線応用装置。

【請求項6】前記第2のレンズは前記対物レンズの磁路下面に有する電極と、前記試料台上の試料に減速電圧が印加できる電極と、の間に電圧を印加して成る静電レンズで有することを特徴する請求項5記載の荷電粒子線応用装置。

【請求項7】一次荷電粒子線を試料台上の試料に収束させて照射するための対物レンズと、一次荷電粒子線を偏向させるための偏向器と、前記対物レンズの磁路の下部に設けた第1電極と、試料台に設けられた第2電極と、前記第1と第2電極間で発生する減速電界中を一次荷電粒子線が通過する際に受ける収差を補正するための補正レンズを前記偏向器と前記対物レンズとの間に具備することを特徴する荷電粒子線応用装置。

【請求項8】試料を試料台に載置する工程と、荷電粒子線を集束するための荷電粒子線光学系を通過し、荷電粒子線を試料上の走査幅を $10\mu\text{m}$ ～ $100\mu\text{m}$ までの範囲で照射する照射工程と、前記照射工程で荷電粒子線が前記荷電粒子線光学系を通過した際に発生する偏向歪みを補正する工程と、前記走査範囲内に目的物を検出する

視野探し工程と、を有することを特徴する荷電粒子線顕微方法。

【請求項9】前記視野探し工程として、前記検出器からの信号を画像化して記憶する画像記憶工程と、記憶された画像を画像中心部と周辺部とで倍率誤差が5%以内に表示することを特徴する請求項8記載の荷電粒子線顕微方法。

【請求項10】試料を試料台に載置する工程と、荷電粒子線を集束するための荷電粒子線光学系を通過し荷電粒子線を試料上で走査幅が $100\mu\text{m}$ より大きい第1の走査幅で走査した際の表示装置上の表示割合が1000倍未満の低倍率で表示する如く試料上を走査する第1の走査工程と、前記低倍率で荷電粒子線が前記荷電粒子線光学系を通過した際に発生する第1の歪みを補正する工程と、試料からの第1の走査幅に基づく二次荷電粒子を検出器で検出する第1の検出工程と、前記検出器からの第1の信号を画像化して記憶する第1画像記憶工程と、記憶された第1画像を表示する第1画像表示工程と、荷電粒子線を試料上で走査幅が $100\mu\text{m}$ 以下 $10\mu\text{m}$ 以内の第2の走査幅の大きさで走査した際の表示装置上の表示割合が1000倍から1万倍の中間倍率で表示する如く試料上を走査する第2の走査工程と、前記中間倍率で荷電粒子線が前記荷電粒子線光学系を通過した際に発生する第2の歪みを補正する工程と、試料からの第2の走査幅に基づく二次荷電粒子を前記検出器から検出する第2の検出工程と、前記検出器からの第2の信号を画像化して記憶する第2画像記憶工程と、記憶された第2画像を表示する第2画像表示工程と、を有することを特徴する荷電粒子線顕微方法。

【請求項11】チップ内の繰り返し回路パターンを複数の領域に分ける工程と、前記複数の領域の第1の領域に荷電粒子線を照射し第1の走査範囲から第2の走査範囲間を第1のズームアップする如く走査する第1の走査工程と、前記第1のズームアップ間にウエハからの二次荷電粒子を検出器で検出し第1の像信号を得る第1像形成工程と、前記第1の像信号を記憶する第1の記憶工程と、前記複数の領域の第2の領域に荷電粒子線を照射し第1の走査範囲から第2の走査範囲間を第2のズームアップする如く走査する第2の走査工程と、前記第2の走査工程中に第2ズームアップで走査しウエハからの二次荷電粒子を前記検出器で検出し前記第2の像形成する工程と、第1と第2像信号から欠陥パターンを検出する工程と、を有する荷電粒子線検査方法。

【請求項12】繰り返し回路パターンを有する試料を試料台に載置する工程と、荷電粒子源からの一次荷電粒子線を加速する工程と、一次荷電粒子線を試料に結像させるための対物レンズを通過して照射する工程と、前記対物レンズを通過した一次荷電粒子線を前記試料台上で減速電界により減速する工程と、前記対物レンズを通過して発生する偏向歪みと減速電界を通過した際に発生する

偏向歪みを補正する補正レンズに偏向歪み補正量を供給する工程と、試料の繰り返しパターンの中の第1の領域を第1の倍率で走査して検出し第1の画像として記憶する第1の記憶工程と、第2の領域を第1倍率で走査して検出し第2の画像として記憶する第2の記憶工程と、前記第1と第2の画像を比較検査することを有することを特徴する荷電粒子線検査方法。

【請求項13】電子源より発生した電子線を所定の電圧まで加速するための1段以上の静電レンズと、該電子線を試料に収束させて照射するための1段以上の収束レンズおよび対物レンズと、該電子線を偏向させるための1段以上の偏向器と、前記対物レンズで発生する歪曲収差を補正する補正磁界レンズと、を有し前記偏向器、前記補正磁界レンズおよび前記対物レンズによる電子線偏向によって電子線を前記試料面上で2次元的に走査し、前記試料から2次的に発生する電子線の強度を電子線の走査と同期して検出し輝度変調して走査電子顕微鏡画像を表示する画像表示装置と、を具備したことを特徴とする電子顕微鏡装置。

【請求項14】電子線源と、該電子線源より発生した電子線を収束させるための収束レンズと、該収束レンズを経た電子線を偏向するための偏向器と、該偏向器により偏向された電子線を試料上に結像させるための対物レンズとを用いて、該試料上に電子線を走査し、該試料から2次的に発生する電子線を検出して2次元走査電子顕微鏡画像を取得するようにした電子顕微鏡装置において、前記対物レンズの電子線源側に、前記対物レンズの励磁方向とは逆の方向の励磁磁界レンズを設けてなることを特徴とする電子顕微鏡装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子線等の荷電粒子線により試料を走査して試料の像信号を得る荷電粒子線装置に係り、特に、荷電粒子線顕微鏡装置、荷電粒子線応用装置、荷電粒子線顕微方法、荷電粒子線検査方法、および電子顕微鏡装置に関する。

【0002】

【従来の技術】例えば、特開2000-48755号が有り、対物レンズの歪曲収差を補正するために偏向器の電流条件を変えることにより達成できることが開示されていた。

【0003】また、H.C. Pfeiffer and W. Stickel “Large Field Electron Optics - Limitations and Enhancements”, Proc. SPIE, vol.2522, 第23頁～第30頁(1995. 7. 10)に対物レンズ内に上偏向と下偏向器の間に収差を動的に補正するビーム絞り付き補正器が開示されているが詳細に付いては記載されていない。

【0004】また、従来の電子顕微鏡装置を用いた走査電子顕微鏡画像の取得方法は、例えば特開平11-25

0850号公報に開示されている。従来、このような低倍率像の観察方法に用いる光学系としては対物レンズを使用せず、偏向コイルを1段だけで使用し、高倍率時には偏向コイルと対物レンズを用いていた。

【0005】このようにこれら2つの光学条件を切り替えながら、低倍率像で観察視野探し、高倍率像で形状観察、高分解能観察を行っている。

【0006】また、走査電子顕微鏡像を取得するための収束レンズ、偏向コイル、対物レンズの構成の組み合わせとして上記方法以外の構成を持つものとしては特開平6-283128号公報に開示されている。これは偏向コイル下部に順に収束レンズ、対物レンズを配置した構成である。この方法では対物レンズ中に設置した試料に対して偏向コイルによって偏向された電子線を、収束レンズ及び対物レンズで縮小して照射する電子光学系が採用されている。簡略して表現すると、偏向コイルの下に電磁レンズ更にその下に対物レンズが配置された構成を取っている。しかしここでの電磁レンズの役目は試料が対物レンズの下又は上に配置された際の焦点位置を変更するためのものであることが開示されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来、電子光学系即ち電子源からの電子線を収束するための収束レンズと、電子線を走査する偏向器と、一つ物点と一つの像点を有する対物レンズとを含む電子光学系を有し、低加速電圧(約5kV以下)で走査電子顕微鏡像を取得する場合、色収差による電子線スポットの広がりが発生する。このスポットの広がり倍率に関係なく一定とする。解像度は電子線スポットの径と電子線走査範囲との割合で決まる。従って、電子線の走査範囲が狭く即ち高倍率に成ればなるほど解像度が低下する。これに対し逆に電子線の走査範囲が広く成れば即ち倍率が低く成ればなるほど解像度は上昇する。従って、高解像度の画像が得られる倍率範囲は、約1000倍以下程度である。

【0008】ここでの倍率とは、試料上の走査範囲に対する表示装置の表示範囲の比率を示す。

【0009】一方、一万倍以上の高倍率用光学系では、分解能を達成することを目的として対物レンズを短焦点で動作させている。この場合、偏向離軸量の小さい一万倍以上の高倍率像の観察では高解像度の走査電子顕微鏡像が得られるが、偏向離軸量が大きくなる1000倍から1万倍の中間倍率では対物レンズによる歪曲収差が発生するため、歪みのない良好な画像が得られる倍率範囲は約1万倍以上である。試料上の視野探しとしては低倍率ではそれほど解像度を必要とせずとも問題でなかったが1000倍から1万倍の中間倍率では解像度が要求されていた。しかし、この中間倍率での解像度を上げることの工夫がなされていなかった。すなわち、従来の電子光学系では低倍率及び高倍率用光学系のいずれにおいても1000倍から1万倍程度の中間倍率範囲(像面換算

10 μm ~ 100 μm)において高解像度で歪みのない良好な画像が得られていない。

【0010】また、従来の電子光学系では、高、低倍率それぞれの光学系において使用するレンズ、コイルの組み合わせや励磁条件がすべて異なるために切り替え時の磁気ヒステリシスや光学的軸がズレているため、低倍率像と高倍率像を切り替えた場合に、試料の同一個所の画像位置にずれが生じて表示され、視野探し操作での不具合が発生していた。

【0011】以上のように、例えば低加速電圧で短焦点の対物レンズを使用して走査電子顕微鏡像を取得する場合には、1000倍から1万倍程度の中間倍率範囲での画像の高画質性が課題であり、偏向コイルやレンズの励磁条件を変化させて中間倍率像から高倍率像までの広い倍率範囲での観察を可能とする電子光学系が必要であった。

【0012】そこで、本発明の目的は、対物レンズで発生する中間倍率(倍率1000倍から1万倍で像面換算10 μm から100 μm)で試料上走査の範囲で歪曲収差を補正し、中間倍率から高倍率までの広い倍率範囲において高解像度で歪みのない良好な走査電子顕微鏡画像または画像信号を取得することを可能とする荷電粒子線装置を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、一つの物点と一つの像点を有する対物レンズの前段に設置した荷電粒子線偏向用の補正レンズを対物レンズで発生する歪曲収差を補正する条件で励磁し、偏向器によって荷電粒子線を試料面上で2次的に走査し、低倍率から高倍率まで収差の少ない走査荷電粒子線顕微鏡画像または画像信号を取得する。

【0014】また、本発明の構成は、収束レンズと対物レンズとの間に荷電粒子線偏向用の補正レンズを設け、対物レンズで発生する歪曲収差とが互いに逆方向の収差となるように構成したことにある。

【0015】また、本発明の構成は、補正レンズを経た荷電粒子線が、対物レンズの主面位置に結像するよう構成した点にある。

【0016】また、本発明構成は、偏向器が補正レンズの前段に設置されていることにある。また、本発明の構成は、偏向器は2段の上段偏向器と下段偏向器よりなり、補正レンズが上段偏向器及び下段偏向器より下に位置するか上段偏向器と下段偏向器との間に位置する構成となっている。

【0017】また、本発明の構成は、試料を載置する試料室を対物レンズの磁路下部に設けてなることを特徴とする。

【0018】さらに、本発明は、電子源より発生した一次電子線を所定の電圧まで加速するための1段以上の静電レンズと、一次電子線を試料に収束させて照射するた

めの1段以上の収束レンズおよび対物レンズと、一次電子線を偏向させるための1段以上の偏向器とを具備した電子顕微鏡装置において、対物レンズの前段に設置した電子線偏向用の補正磁界レンズを対物レンズで発生する歪曲収差を補正する条件で励磁して偏向器、補正磁界レンズおよび対物レンズによる電子線偏向によって一次電子線を試料面上で2次的に走査し試料から2次的に発生する二次電子線や試料を透過した電子線の強度を一次電子線の走査と同期して検出し、その信号を画像表示装置の輝度変調信号として画像表示装置により走査電子顕微鏡画像として表示するように構成した点に有る。

【0019】試料中の目的物視野探しの際、第1の倍率から第2の倍率に連続的にズーミングアップ又はズーミングダウンして視野探しする点にある。

【0020】さらにまた、本発明は、あらかじめ取り込んだ所定倍率の画像あるいは設計画像とを比較して、前記試料の物理的な形状不良及び電気的な不良を検査する点にある。また、繰り返し回路パターン第1の領域と第2の領域を第1の倍率で画像信号として検出し、その画像信号を比較し一致しない時に再度第1の倍率とは異なる第2の倍率で相違する領域の画像信号を各々取り込み再度比較して一致しない場合に欠陥と判定する検査方法にある。

【0021】更にまた、本発明は、低倍率で周辺ボケが少ない電子光学系を提供することにある。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、荷電粒子源として電子源、荷電粒子線として電子線を例に上げ具体的に説明する。本発明を電子顕微鏡装置を用いて、対物レンズで発生する歪曲収差を補正し、低倍率から中間倍率を経由して高倍率まで走査電子顕微鏡画像または画像信号を取得する方法を説明する。

【0023】図1は、従来の電子顕微鏡装置にて高倍率の像を観察するための光学系の構成図を示すものである。電子源1から発生した一次電子線を収束レンズ2により縮小し、収束レンズ2の像面位置3に結像する。次に、上段偏向コイル4と下段偏向コイル5を動作させ、下段偏向コイル5により偏向された一次電子線が光軸1'と交わる点として定義される偏向支点6を対物レンズ7の前磁場焦点面位置と一致させる。この時、一次電子線は対物レンズ7のレンズ作用によって光軸1'から離れた位置に結像される。図4に示すように、この離軸位置を偏向位置、離軸距離を偏向振幅 r という。ここでの対物レンズ7は一つの物点と像点29とを有するものとする。

【0024】上段偏向コイル4の偏向角度を変化させた場合に、偏向支点6の位置が常に一定となるような上段偏向コイル4と下段偏向コイル5の偏向角度の比(偏向上下比)は幾何学的な寸法で決定できる。このような偏向上下比を設定すれば、偏向振幅は上段偏向コイル4

の偏向角度によって決定される。

【0025】ここで、偏向支点6を対物レンズ7の前磁場焦点面位置(物点)と一致させる目的は、一次電子線が試料8上で光軸より離軸された場合に、試料8に対する照射角度がすべての偏向位置において一定となるようにするためである。

【0026】上段偏向コイル4の偏向角度を一定ステップで直交する2方向に変化させ、それと同期して透過電子線、2次電子線、反射電子線等の強度を検出し、輝度変調して表示させることによって走査電子顕微鏡画像を得ることができる。走査電子顕微鏡画像の偏向振幅は上段偏向コイル4の偏向角度の最大値を設定することによって決定される。

【0027】ここで、典型的なコイル、レンズ励磁条件、レンズ間距離等のパラメータを用いてコイル偏向角度と走査電子顕微鏡画像の倍率との関係を説明する。上段偏向コイル4と下段偏向コイル5との間隔が34mm、下段偏向コイル5と対物レンズ7との距離が93.5mm、対物レンズ7の前磁場焦点面位置を対物レンズ7の上2.5mmと仮定する。

【0028】まず、上段、下段偏向コイルの偏向角度をそれぞれ θ_1 、 θ_2 とする。偏向支点位置を固定して、試料面上で電子線を偏向させるための偏向角度の上下比は、 $\theta_2 = (1 + 34 / (93.5 - 2.5)) \theta_1 = 1.38 \theta_1$ である。

【0029】この上下偏向比率の設定は、上下段偏向コイルを逆位相にして巻数を、上:下=1:1.38にして巻き込み、上下段偏向コイルを直列に通電する。偏向振幅 r は、 $r = 2.5 \times 34 / 91 \times \theta_1 = 0.94 \times \theta_1$ となる。

【0030】よって、例えば、上段偏向コイルの偏向角度を50mradに設定すると、偏向振幅は $r = 47 \mu\text{m}$ となる。画像の表示を100mm角に設定すれば、走査電子顕微鏡画像の倍率は、 $100 \times 1000 / (47 \times 2) = 1064$ 倍となる。

【0031】ここで、通常、上段偏向コイルの偏向角度 θ_1 の最大値は50mrad程度なので、この光学系での最低倍率は約1000倍ということになる。ただし、この場合、偏向振幅が大きくなるほど、歪曲収差が大きくなるために実用可能な倍率には下限がある。

【0032】図2は、偏向コイルによって正方形のラスタを形成した場合に、実際のラスタが対物レンズによってどのような形状で試料面上に結像されるのかを示した例である。条件としては、歪曲収差の影響のみを考慮し、歪曲収差の係数(複素数値)は、実数部、虚数部ともに 5×10^{-5} とした。

【0033】図2の(a)に示すように、倍率1000倍の場合には、正方形のラスタが糸巻き状に歪んでいる。この条件で画像を取得すれば、その画像は中心より右上がり及び左下がり方向に画像の倍率が順次低くなる

ような歪んだ像となる。一方、図2の(b)に示すように、1万倍の場合には、ラスタは正方形の形で結像され、歪みのない良好な画像が得られる。以上のように、高倍率の像を取得するための電子光学系には歪曲収差の影響により最低倍率に制限がある。

【0034】次に、1000倍以下の低倍率の走査電子顕微鏡画像を観察するために通常用いられている光学系について、図3を用いて説明する。低倍率像を観察するためには試料8上での偏向振幅を大きくする必要がある。そこで、対物レンズの前磁場焦点面位置に偏向支点を一致させて電子線を偏向させるという方法では試料上での走査偏向領域を対物レンズのレンズ作用によって大きくすることができない。従って、対物レンズの励磁を停止して使用することがなされていた。即ち、上段偏向コイル4による1段偏向で電子線を傾斜させて偏向振幅を大きくする光学系が用いられる。(いわゆる一段偏向)対物レンズによる偏向を利用しないので対物レンズの励磁をゼロとなるようにし、電子源1からの電子線は収束レンズ2によって試料8上に焦点を結ぶように設定される。

【0035】上記の高倍率像観察条件と同一のコイル、レンズを用いた場合、1段偏向コイルの偏向角度 θ_3 と偏向振幅 r との関係は、 $r = 127 \times \theta_3$ となる。

【0036】すなわち、上段偏向コイルの偏向角度を5mradに設定すると、偏向振幅 $r = 0.64\text{mm}$ となり、走査電子顕微鏡画像の倍率は $100 / (0.64 \times 2) = 78$ 倍となる。

【0037】このように、この電子光学系では十分に低倍率の像を偏向コイルに小さな偏向角度を与えることによって得ることができるが、次のような問題点がある。収束レンズ2を1段のみで使用して電子源を試料面上に結像する電子光学系であり、電子源に対する電子光学倍率はほぼ数分の1程度となるので、収束レンズ2は低い励磁で使用する。

【0038】この場合、収束レンズ2の色収差係数が1000mm程度となる。この色収差によるスポットの広がり計算する。加速電圧を1kV、電子源のエネルギー広がりを0.5V、スポットの照射角度を0.5mradと仮定すると、スポットの広がり量は $1000(\text{色収差係数}) \times (0.5(\text{電子源のエネルギー広がり}) / 1000(\text{加速電圧})) \times 0.0005(\text{照射角度}) = 0.25 \mu\text{m}$ となる。

【0039】一方、画像の倍率が1000倍の場合に、電子線偏向量は一辺が $100 \mu\text{m}$ であり、一辺を500画素で画像化するとしたら、1画素の大きさは $0.2 \mu\text{m}$ となる。よって、この光学系では1画素($0.2 \mu\text{m}$)よりもスポット広がり($0.25 \mu\text{m}$)のほうが大きくなり、高解像度の画像が得られない。1画素とスポット広がりと同じ量となる倍率は800倍であり、これがこの光学系の倍率の上限となる。

【0040】また、上段偏向コイル4による1段偏向であるために、試料8上で偏向された電子線は偏向振りが大きいほど傾斜して試料に入射することになり、走査電子顕微鏡画像の周辺ほど画像が歪む、いわゆる画像の周辺ぼけが発生する。さらに、高倍率像観察時の光軸と低倍率像観察時の光軸は一致しておらず、低倍率像と高倍率像で画像の位置ずれが生ずる。

【0041】以上より、従来の低倍率像観察用光学系は、視野探しに十分な低倍率像を得ることができるが、高倍率用の光学系と比較して大きく光学系を変化させているために様々な問題点を持っている。さらに、高倍率用の電子光学系では低倍率側に制限を有し、低倍率用の電子光学系では高倍率側に制限があり中間倍率に対してはいずれの光学系でも高解像度で歪みのない良好な画像が得られないという問題がある。従来この中間倍率範囲(走査領域を像面換算100 μm ~10 μm の範囲)については対応がなされていなかった。

【0042】以上のような従来の電子光学系の問題点を解決するためには、中間倍率範囲での画像の高画質化が課題であり、偏向コイルやレンズの励磁条件を変化させないで、低倍率像から高倍率像までの広い倍率範囲での観察を可能とする電子光学系が望まれていた。

【0043】そこで、本発明の第1の実施例として、対物レンズで発生する歪曲収差を別レンズで補正し、低倍率から高倍率の走査電子顕微鏡画像を取得する方法を示す。その実施例の基本的構成を図4を用いて説明する。

【0044】従来の高倍率像観察用の収束レンズ2、対物レンズ7、上段偏向コイル4と下段偏向コイル5を用いて試料8上で一次電子線を偏向して像を得るという光学系に、新たに電子線偏向用の補正補正磁界レンズ9を追加している。上段偏向コイル4及び下段偏向コイル5によって偏向された一次電子線を、電子線偏向用の補正磁界レンズ9により対物レンズ7の主面位置に1対1に結像し、さらにその電子線を対物レンズ7によって試料8上に結像する。

【0045】この時、上段偏向コイル4及び下段偏向コイル5によって形成した偏向離軸量に応じて電子線偏向用の補正磁界レンズ9で歪曲収差が発生し、歪んだ偏向図形が対物レンズ7の主面位置に結像される。さらに、対物レンズ7によって、その歪んだ偏向図形の偏向離軸量に応じた歪曲収差が発生し、試料8上で偏向図形は、再度歪曲する。

【0046】ここで、電子線偏向用の補正磁界レンズ9で発生する歪曲収差と対物レンズ7で発生する歪曲収差が逆方向の収差となるようにレンズ極性、光学倍率を設定してやることによって、最終的に試料8上に結像される偏向図形は、上段偏向コイル4及び下段偏向コイル5によって形成した偏向図形の形状に戻ることができる。

【0047】本方法により歪曲収差の補正を行なった結果を図5に示す。条件としては、先述した図1の条件と

同様であるが、画像取得の倍率は1000倍(偏向振りが片側50 μm)、歪曲収差の係数(複素数値)の実数部、虚数部はそれぞれ 5×10^{-5} 、 1×10^{-5} とした。

【0048】すなわち、図5の(a)に示すように、上段偏向コイル4及び下段偏向コイル5によって作成した正方形のラスタースは、電子線偏向用の補正磁界レンズ9により対物レンズの歪曲収差とは逆向きのキャンセル用の歪曲収差を発生させる。このキャンセル用歪曲収差は対物レンズ7の主面位置に歪んだ図形として結像される。図5の(b)にその様子を示す。これを用い、その図形に対して逆方向の歪曲収差を発生させる条件で対物レンズ7を励磁してやることによって、試料8上ではラスタースは、図5の(c)に示すように、ほぼ正方形となって結像されており、この倍率条件にて歪みのない良好な画像が得られることがわかる。

【0049】ここでは補正磁界レンズ9側を対物レンズに対し逆方向歪曲収差を発生するようになるコイル極性と励磁条件を設定したがその逆、即ち、補正磁界レンズに対して対物レンズの極性と励磁条件を変えることによって歪曲収差を補正することができる。

【0050】この補正方法は広い領域に目的物を探す視野探しだけではなく、電子線又はイオン線を用い対物レンズの下に配置されたレジストが塗布されたウエハに露光する場合にも適用される。当然マスクを用いた一括露光又は可変整形更には電子線で点描画するタイプにも適用が可能である。更にまた、電子線を用い対物レンズの下に試料を配置して検査や加工にも適用できるものである。

【0051】以上の内容を荷電粒子線であるイオン線まで拡張しても以下の如く成立する。荷電粒子源からの一次荷電粒子線(イオンビーム)を試料台上に載置された試料に照射する。照射される走査幅に対する表示装置上での大きさが倍率を表し、その倍率が低倍率の1000倍未満から高倍率領域の500万倍まで可変して走査する。その偏向器で走査された一次荷電粒子線が対物レンズを通過する際に発生する偏向歪み(歪曲収差)を補正するレンズを付加することにより達成される。ここでの補正レンズとして静電偏向器を用いても良い。

【0052】次に、電子線偏向用の補正磁界レンズを歪曲収差が補正される条件で使用するための励磁条件の決定方法について説明する。最初に加速電圧をある所定の値に設定する。次に所定の試料位置に歪曲収差量の評価を行うための試料を試料台上に載置する。この試料には縦横の歪み量が明確に評価できる1インチあたり1000から2000本の直交ラインを持つグリッドメッシュやライン幅5から0.5 μm 程度のグレーティングを用いる。次に電子顕微鏡の倍率を最低倍率に設定し、対物レンズによって試料面に焦点を合わせる。この時歪曲収差によって画像に大きな歪みが生じているので画像の中央

部で焦点を合わせる、あるいは中央部でも焦点が一致したかどうかの判定が困難な場合には少し倍率を上昇させて画像の中央部で焦点を合わせた後に最低倍率に再設定してもよい。次に電子線偏向用の補正磁界レンズ9に電流を流して励磁する。ここで、電子線偏向用の補正磁界レンズ9は対物レンズ7と逆方向の磁界が形成されるように、例えばコイルの巻き方向が逆で同一電流方向、あるいはコイルの巻き方向が同一で電流が逆方向になるように設定してある。電子線偏向用の補正磁界レンズ9を励磁すると走査電子顕微鏡像の焦点がずれると共に画像の歪み量に変化する。焦点のずれを収束レンズ2の電流励磁を変化させることによって補正しながら電子線偏向用の補正磁界レンズ9に通電する電流によって励磁を変化させて画像の歪みが小さくなるように調整する。画像の歪みが小さくなる電流値の近傍において画像を取得し、グリッドメッシュ試料の縦横の比率を計測し、その比が適切となり、かつ画像の中心と周辺とで倍率誤差が5%以内となるように電子線偏向用の補正磁界レンズ9の励磁を調整し、収束レンズ2によって正確に焦点を合わせる。このようにして決定された電子線偏向用の補正磁界レンズ9と収束レンズ2の励磁電流値を加速電圧に対して記録し必要に応じて倍率と補正値が表示装置に表示される。

【0053】次に加速電圧を変化させた場合について述べる。試料に入射する時の加速電圧は、試料に印加する電極と、対物レンズの磁路の下部に設けられた電極との間に印加するリターディング電圧を変化させて試料台と対物レンズの下部の間に減速電界を形成する。この減速電界の度合いにより一次電子線の速度が変化すると共に偏向歪み量も変化する。このリターディング電圧による電界は一種の静電レンズのごとき動きをする。このように発生した偏向歪みと対物レンズの歪曲収差を合わせて、補正磁界レンズで歪みを吸収する如く上記と同様な方法にて電子線偏向用の補正磁界レンズ9と収束レンズ2の励磁電流値を決定する。全ての加速電圧とリターディング電圧との組み合わせにより決定される電子線偏向用の補正磁界レンズ9と収束レンズ2の励磁電流値をテーブルとして装置制御プログラムに組み込み、加速電圧とリターディング電圧が決定された時に歪曲収差が補正され、かつ試料に焦点があう条件が自動で設定されるようにする。

【0054】一方、荷電粒子源としてイオン源を用い、荷電粒子線としてイオン線を適用しても本願の発明は成立する。但し、リターディング電圧は正の極性の電圧を電極に印加する。即ち、イオン線に対しては、減速する如く電界を形成するように電圧を電極に印加する点異なる。

【0055】歪曲収差は偏向器の走査範囲を広くして、即ち中間倍率を設定した場合、電子線の偏向離軸が大きくなり歪曲収差が大きく生じる。従って、最低倍率の場

合歪曲収差が最大となる。高い倍率では走査幅が狭くなり偏向離軸は小さくなる。この時、補正磁界レンズ9及び対物レンズ7の中心部分を通過するため、補正磁界レンズ9及び対物レンズ7の中心から離れたところを通過する際に発生する歪みは非常に小さくなる。従って、対物レンズ7に対する電子線偏向用の補正磁界レンズ9による補正は不必要となる場合がある。倍率を中間倍率から高倍率又は高倍率から中間倍率に可変するに当たっては、中間倍率の偏向歪みを小さくする条件に補正磁界レンズ9と収束レンズ2の条件を規定しておくだけで十分である。なぜならば、高倍率では電子線はレンズの中心近くを通過するため、中間倍率の時のレンズ調整条件であったとしても試料から得られる二次荷電粒子線による像形成には障害とはならない場合がある。この場合は、電子線偏向用の補正磁界レンズ9と収束レンズ2の励磁電流値のテーブルは倍率に依存して変化させる必要はない。このように加速電圧とリターディング電圧により電子光学条件を制御することにより中間倍率(走査領域を像面換算 $100\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ の範囲で)から高倍率(走査領域を像面換算 $10\mu\text{m}$ 未満 $\sim 1\mu\text{m}$ の範囲で)更には低倍率(走査領域を像面換算 $100\mu\text{m}$ より大きく数百 μm の範囲で)から高倍率まで歪みのない高解像度の走査電子顕微鏡像が取得できる。この際、表示装置に取得された画像を表示すると共に取得した際の倍率も併せて表示する。

【0056】従来、画像の倍率は1000倍から1万倍の中間倍率領域と1万倍から500万倍の高倍率領域とに分けられそれぞれの領域でレンズの条件を調整して所望とする倍率の画像を得ていた。このため、中間倍率領域では電子線の径が大きく設定されている。この状態で高倍率領域に切り替えると電子線の径が大きいため画像の分解能が悪くなりボケた画像しか得られないこととなり非常に見づらかった。これに対し、本願の方法により画像の倍率が1000倍から500万倍の領域に跨って画像の中心位置がズれることなく表示することが達成できるようになった。因みに、画像の中心部と周辺部との倍率誤差が5%より大きければ、画像中心位置の位置ズレ量が人間の目で判断できるのは表示画面上では1mm(倍率1万倍で像面換算 $0.1\mu\text{m}$ 相当)程度である。従って、本方法ではこの値より小さい値が得られているものである。

【0057】このように、この光学系は、電子線偏向用の補正補正磁界レンズ9及び対物レンズ7の励磁条件を上記のような歪曲収差を補正する条件に設定し、上段偏向コイル4及び下段偏向コイル5の偏向用電流値を変えることによって倍率変化が可能であるという利点を持つ。すなわち、低倍率から高倍率までの広い範囲での像観察が画像がボケること無く行ことが可能であり、操作性の向上が図られる。

【0058】なお、偏向器は偏向コイルを例にして説明

しているが、本発明は、これに限らず、静電偏向板に対しても適用可能である。

【0059】更に、電子源をイオン源とし、補正磁界レンズを静電レンズに変えても対物レンズの離軸偏向歪みを静電レンズにより打ち消す如く取り付け動作させることは可能である。但し、イオン源からのイオンビームに対しては、加速電圧やリターディング電圧は電子ビームの時とは逆極性となる。次に、上記の対物レンズで発生する歪曲収差を補正し、中間倍率及び高倍率でボケること無く走査電子顕微鏡画像を取得するためのレンズ、コイルの実装構成を、以下、図6～図9を用いて説明する。

【0060】図6は、本発明の第2の実施例を示し、電子線偏向用の補正磁界レンズを偏向コイル下部に設置するための1つの例である。図6に示すように、収束レンズ磁路10と対物レンズ磁路14との間に電子線偏向用の補正磁界レンズ磁路12を設置し、上段偏向コイル4と下段偏向コイル5とを偏向コイルボビン16に巻いて電子線偏向用の補正磁界レンズ13中に設置した構成である。

【0061】試料8は、試料ステージ19に取り付け、対物レンズ磁路のギャップ中に配置している。各レンズ内部にはそれぞれのレンズ励磁用の収束レンズコイル11、電子線偏向用の補正磁界レンズコイル13、対物レンズコイル15が配置される。電子線偏向用の補正磁界レンズのレンズ磁路12のギャップ、すなわちレンズ主面が下段偏向コイル5よりも下にあるので上記のような歪曲収差補正用の光学系として使用できる。

【0062】図7は、図6と同様に上記光学系を実現するための構成の一例であり、本発明の第3の実施例を示す。この場合は、対物レンズ磁路14上に電子線偏向用の補正磁界レンズ磁路12を配置し、収束レンズ磁路10との間にスペーサ17を配置してある。このスペーサ位置に偏向コイルボビン16を配置することにより、図6と同様な光学系の構成とすることができる。

【0063】図8は、図6と同様に上記光学系を実現するための構成の一例であり、本発明の第4の実施例を示す。この場合は、偏向コイルボビン16を電子線偏向用の補正磁界レンズ磁路12の上下に配置し、偏向コイルによる偏向の中間段階で対物レンズの歪曲収差のキャンセルを行うための歪曲収差を電子線偏向用の補正磁界レンズ磁路のギャップに発生させることにより、図6と同様な光学系の構成としたものである。試料8は対物レンズ磁路14の下に設置した試料室18内の試料ステージ19上に保持されている。これは汎用の走査電子顕微鏡で通常用いられているアウトレンズタイプの対物レンズであり、インレンズタイプと異なって大型サイズの試料の観察が可能である。

【0064】すなわち、荷電粒子源と、荷電粒子源より発生した荷電粒子線を収束させるための収束レンズと、

試料を載置した試料台と、荷電粒子線を試料上に結像させるための対物レンズとを有し、対物レンズの荷電粒子源側に、対物レンズで発生する歪曲収差を補正するための補正レンズを配置し、補正レンズを挟んで第1の偏向器と第2の偏向器とを有する点にある。

【0065】図9は、本発明の第5の実施例を示し、汎用の走査電子顕微鏡で通常用いられているアウトレンズタイプの対物レンズを用いて上記光学系を実現するための構成の一例である。対物レンズ磁路14の上下には一次電子線の照射により試料から発生した2次電子線の強度を検出するための2次電子検出器20が設置されている。電界磁界直交型偏向器(EXB型偏向器)21は対物レンズ磁路内に設置されており、一次電子線を曲げること無く2次電子が対物レンズ上に配置した2次電子検出器20に効率良く検出されるための条件で駆動されている。反射電子検出器22は試料8と対物レンズ磁路14との間に設置され、試料8で反射した電子線強度を検出する。試料8は絶縁板27を介して試料ステージ19上に保持されている。尚、試料ステージが2段構造で絶縁されていても良い。試料8にはリターディング電圧28が印加され、試料8に入射する1次電子線のエネルギーを減少させるように設定されている。これは一次電子線を偏向器、対物レンズを通過時に高加速エネルギーで通過する事により収差の影響を低減することにある。試料8に入射する直前で1次電子線のエネルギーを減少させ、試料の電子線照射ダメージを軽減させるためである。電極23は接地されており、試料8との間でリターディングのための電界を形成している。電子銃電極24には電子銃加速電圧26が印加され、電子源チップ25から1次電子線を引き出し、所定の加速電圧まで加速させる働きをしている。

【0066】対物レンズ磁路14のギャップで発生する磁界の歪曲収差と、リターディング電界で発生する収差とを除去する電子線偏向用補正補正磁界レンズを対物レンズ磁路14と偏向器4、5との間に設けた点にある。

【0067】また、言い方を変えと、荷電粒子源と荷電粒子線を偏向するための偏向器と試料を載置した試料台と試料上に結像させるための対物レンズと前記試料台と前記対物レンズとの間に設けられた減速電界を発生する第2レンズとを有し、対物レンズの荷電粒子源側に対物レンズと第2レンズで発生する偏向歪みとを補正するための第1のレンズを設けた点にある。

【0068】ここでの第2のレンズは対物レンズの磁路下面に有する電極と、試料台上の試料に減速電圧が印加できる電極とを有しその間に電圧を印加して成る静電レンズの働きをする。

【0069】このような方法によって、画像の倍率が1000倍から500万倍の領域において連続的に画像中心部と周辺部との倍率誤差が5%以内で表示することを可能とした。

【0070】次に、本発明の第6の実施例として、電子顕微鏡装置を半導体素子等の回路パターンの検査に適用した場合の例について説明する。半導体素子の不良検査では、高スループットでの検査が必要とされている。これに対して、1回の検査領域を大きくすることによってトータルの検査時間を短くするのが1つの方法となる。

【0071】本発明の電子顕微鏡では、対物レンズの中間倍率での歪曲収差を補正することができるので偏向振幅を大きくしても画像には歪みがない。すなわち、1回の画像取得領域を従来方法に比較して大きくできるので、これを繰り返し回路パターンの検査に用いればスループットの向上がなされる。従来の検査方法では、1ラインの検査をステージの移動と同期して所定回数の検査を実行後、次のラインの検査をステージの移動によって順次実行する。1ラインの検査におけるスループットは、1枚の取得画像を比較検査する時間によって決定され、トータルの実行時間はこれを何ライン繰り返すかにより算出される。

【0072】ここで、200mm角の領域を検査する場合について説明する。従来0.1mm角で1回の検査を実行していると仮定し、本発明では1mm角で実行するものとする。まず、トータルの検査における1画像の検査回数は、2000×2000回から200×200回に削減されるが、同一解像度で検査を実行するという条件では、検査領域を大きくした場合には検査画素も大きくなるので、計算時間を考えるとスループット向上への効果はない。1ラインの検査後、次のラインへのステージの移動回数は2000回から200回に削減される。ステージの移動1回あたりの所要時間を1秒とすると、これは30分のスループット向上となる。現在は、トータルの検査時間が7時間程度と長いのでスループット向上の度合いは低いが、今後計算時間の向上によりトータルの検査時間が短縮されれば、本方法は、スループット向上に対する有効手段の1つとなる。

【0073】言い換えると、繰り返し回路パターンを有する試料を試料台に載置し荷電粒子源からの一次荷電粒子線を加速して一次荷電粒子線を試料に結像させる。対物レンズを通過して照射させ、対物レンズを通過した一次荷電粒子線を試料台上で減速電界により減速させ対物レンズを通過して発生する偏向歪みと減速電界を通過した際に発生する偏向歪みを補正する補正レンズに偏向歪み補正量を供給する。試料の繰り返しパターンの第1の領域を第1の中間倍率で試料上の走査領域が10～100μmの範囲を走査して検出し第1の画像として記憶し、第2の領域を第1倍率又は第2の中間倍率で走査して検出して第2の画像として記憶する。第1と第2の画像を比較検査することにより回路パターンの欠陥を検査する。この際、倍率に併せて、補正レンズに予め求めた補正値を設定する。補正して得られた画像を計測時の倍率または走査範囲を情報として記憶し、要求により画面

に画像と倍率または走査範囲の情報を付けて表示する。

【0074】これにより、検査装置においては、走査領域を像面換算100μm～10μmの範囲で試料により異なるリターディング電圧による偏向歪みを予め求めて記憶した補正値を呼び出し、走査領域を像面換算100μm～10μmの範囲で検出することにより検査の効率化を達成することが出来る効果を有するようになった。

【0075】次に、第7実施例として、ズーム機構* 機能を利用した検査及びレビュー装置について説明する。

【0076】繰り返しパターンを有するチップが形成されたウエハを有する。そのウエハを試料ステージ上に載置し、チップ中を複数の領域に分ける。この領域を100μmとする。この領域に照準を合わせた後、走査幅を100μmから10μmの幅でズームアップしながら走査する。一つ前の領域での回路パターンが異なる時に走査を中止その欠陥を有する領域を登録する。これをチップ全体に実行すると欠陥が大きい場合には倍率の低い状態で検出し、100μmから10μm全部走査しなくとも結果得ることが可能になるため、回路パターンの欠陥検査時間を短縮する効果を有する。この方法を用いれば領域単位で欠陥を見出すことが可能となり欠陥のない部分は領域単位で除去することが可能となるものです。ここでの領域及びズーム範囲は実施例限定されるものではなく低倍率、中間倍率、高倍率のいずれについても可能である。

【0077】チップ内の繰り返し回路パターンを複数の領域に分ける工程と、その領域毎に第1の走査範囲から第2の走査範囲間をズームアップする工程と、ズームアップしている間に欠陥パターンを検出する工程と、を有する欠陥検査方法にある。

【0078】第8実施例として本荷電粒子線光学系とユーセントリック試料ステージの組み合わせについて説明する。

【0079】試料を試料ステージに載置し、所定の位置特に試料の構造を色々な角度から顕微することが要求されることがある。その時は、試料ステージを傾斜させた状態にし、荷電粒子線を偏向器を用いて試料上の目的物を含む領域を走査して目的物を探す。その際、試料ステージが傾斜しているため照射位置が高さ方向に変化してしまうと焦点位置がズレる。これを補正し焦点を合わせるのは対物レンズの像面位置即ち焦点を対物レンズの電流を変化させて再調整する。このような工程を経ることなくユーセントリック型試料ステージを用いれば、傾いた状態で常に照射位置の高さが同じにできるため焦点位置を合わせ直す必要が無くピントの合った画像を得ることができるのは、対物レンズを通過した際の歪曲歪みを打ち消す如く動作させた補正レンズを偏向器と対物レンズの間に配置して有れば、試料ステージが傾斜した状態であっても視野探しをすることが可能となる。この状態で荷電粒子線の走査範囲を100μm以下で走査しその

画像信号により表示画面に表示する際の割合が中間倍率の1000倍から1万倍率にして視野探し実施する。このように顕微する事により試料ステージを傾斜した状態で視野探しを可能とするものである。ここでの試料ステージのユーセントリック型構造とは、荷電粒子線が照射した際に試料ステージの回転中心に常に視野中心が合う如く調整を可能とする試料ステージを言う。

【0080】次に、第9の実施例を以下に示す。

【0081】補正磁界レンズ9を歪曲収差キャンセル用にせずに偏向器を補助する補助レンズとして動作した例について説明する。

【0082】偏向振幅を変化させ、走査電子顕微鏡画像の倍率を変化させることができる。ここで、上記高倍率像観察用光学系での偏向振幅の計算に用いたレンズ、コイル間距離、励磁条件に加えて、補助磁界レンズ9を対物レンズの上66mmに設置すると仮定する。また、収束レンズ像面3が補助磁場レンズ9の上78mmにできていると仮定する。偏向支点を対物レンズ前磁場焦点面に一致させるための条件は、補助磁界レンズ9の焦点距離を、 $1 / (1 / 78 + 1 / 66) = 35.8 \text{ mm}$ にすることである。

【0083】この時、上段偏向コイル偏向角度を50 mradに設定すると、下段偏向コイルの偏向角度は、補助磁界レンズ9のレンズ作用の中心に電子線を振り戻す条件から18 mradとなり、偏向振幅は0.1 mmとなる。上記と同様な走査電子顕微鏡画像の表示条件での像倍率は、 $100 / 0.2 = 500$ 倍となる。これは、図1の場合の偏向振幅 $r = 47 \mu\text{m}$ に比べて、約2倍となる。よって、収束レンズ2、対物レンズ7、上段偏向コイル4と下段偏向コイル5の条件を全て変更せずに、補助磁界レンズ9のレンズ作用のみで中間倍率(1000倍)の2分の1の低倍率の像を観察できることになる。

【0084】この光学系の利点として、補助磁場レンズ9の光軸を対物レンズ7の光軸に機械的又は偏向器によって一致させることによって、中間倍率と低倍率との切り替え時に像の位置ずれが無くなり、非点収差も共通となる。ここでは図示しなかったが非点収差補正器は対物レンズと、荷電粒子源との間に配置されている。これにより、切り替え時の調整が不要になる。また、対物レンズ7は、中間倍率と高倍率とで同じ励磁で使用できる場合がある。その時は、切り替え時のヒステリシスによる像のにげが無くなる。

【0085】さらに、上段偏向コイル4と下段偏向コイル5を用いた振り戻し偏向系なので1段偏向の場合に生ずる画像の周辺ぼけも無くなるという点がある。上記の実施例は、インレンスタイプの電子顕微鏡で通常用いら

れる短焦点(2 mm下)の対物レンズに適用した場合であるが、アウトレンスタイプの電子顕微鏡で用いられている長焦点(5 mm上)の対物レンズに上記光学系を適用した場合には、さらに効果大きい。例えば、上記のレンズ構成で対物レンズの焦点距離を10 mmに仮定した場合、上段偏向コイル偏向角度を50 mradに設定すると、偏向振幅は0.4 mmとなり、像倍率は、 $100 / 0.8 = 125$ 倍という低倍率が得られる。

【0086】即ち、低倍率であっても周辺ボケの少ない画像得るという効果を奏する。

【0087】

【発明の効果】本発明によれば、荷電粒子線装置において、低倍率から高倍率までの広い倍率範囲において高解像度で歪みのない良好な画像を取得できる。低倍率像と高倍率像で画像ずれがほとんどなく連続して画像を取得することが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の高倍率の走査電子顕微鏡画像観察用光学系を表わす図。

【図2】対物レンズで発生する歪曲収差の結果を表わす図。

【図3】従来の低倍率の走査電子顕微鏡画像観察用光学系を表わす図。

【図4】本発明の第1の実施例の基本的構成を説明する図。

【図5】本発明により対物レンズで発生する歪曲収差を補正した結果を表わす図。

【図6】本発明の第2の実施例を説明する図。

【図7】本発明の第3の実施例を説明する図。

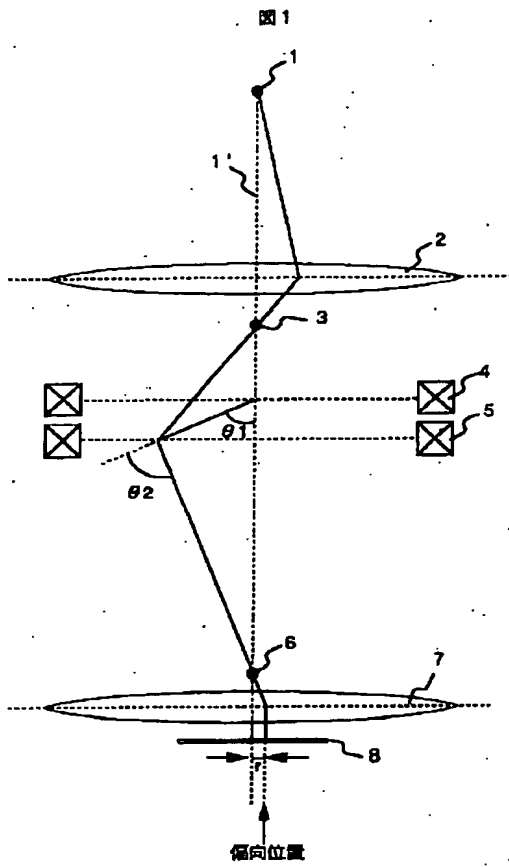
【図8】本発明の第4の実施例を説明する図。

【図9】本発明の第5の実施例を説明する図。

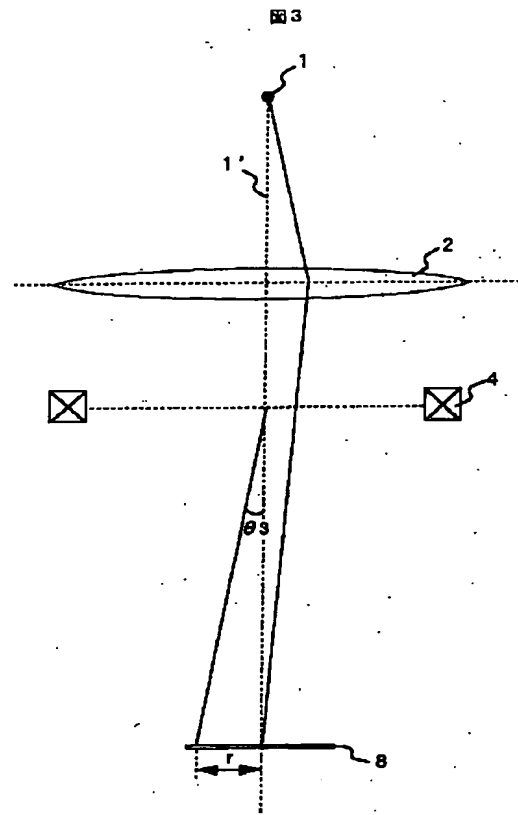
【符号の説明】

1…電子源、1'…光軸、2…収束レンズ、3…収束レンズ像面、4…上段偏向コイル、5…下段偏向コイル、6…偏向支点、7…対物レンズ、8…試料、9…電子線偏向用の補正磁界レンズ(補正レンズ又は補正磁界レンズ)、10…収束レンズ磁路、11…収束レンズコイル、12…電子線偏向用の補正磁界レンズ磁路、13…電子線偏向用の補正磁界レンズコイル(補正レンズ又は補正磁界レンズ)、14…対物レンズ磁路、15…対物レンズコイル、16…偏向コイルボビン、17…スペーサ、18…試料室、19…試料ステージ、20…2次電子検出器、21…電界磁界直交型偏向器、22…反射電子検出器、23…電極、24…電子銃電極、25…電子源チップ、26…電子銃加速電圧、27…絶縁板、28…リターディング電圧。対物レンズの像点

【図1】

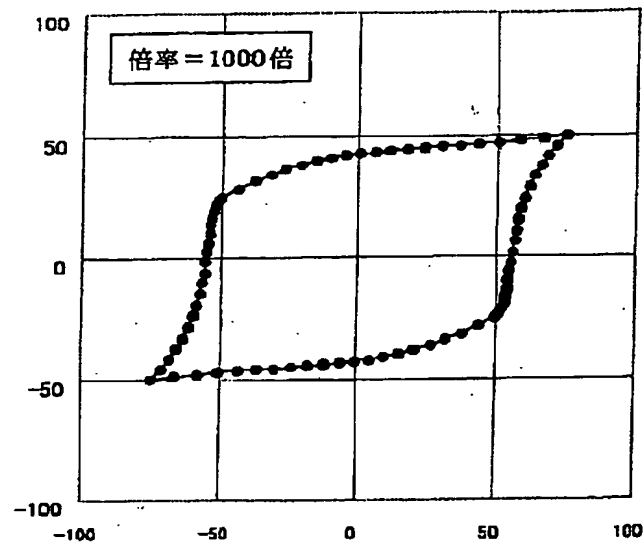


【図3】

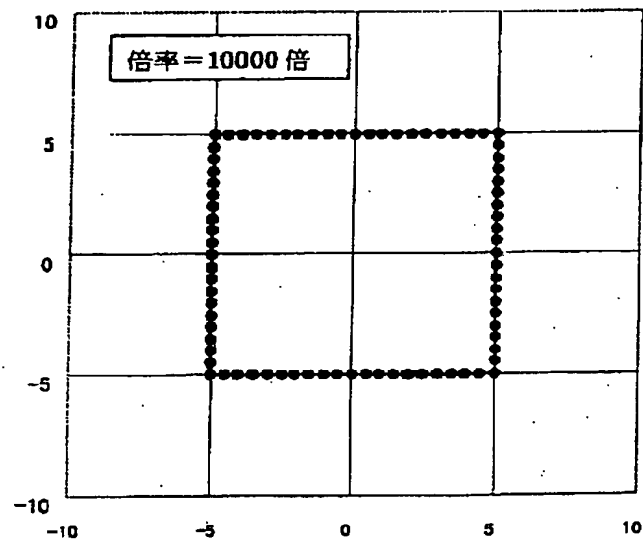


【図2】

図2

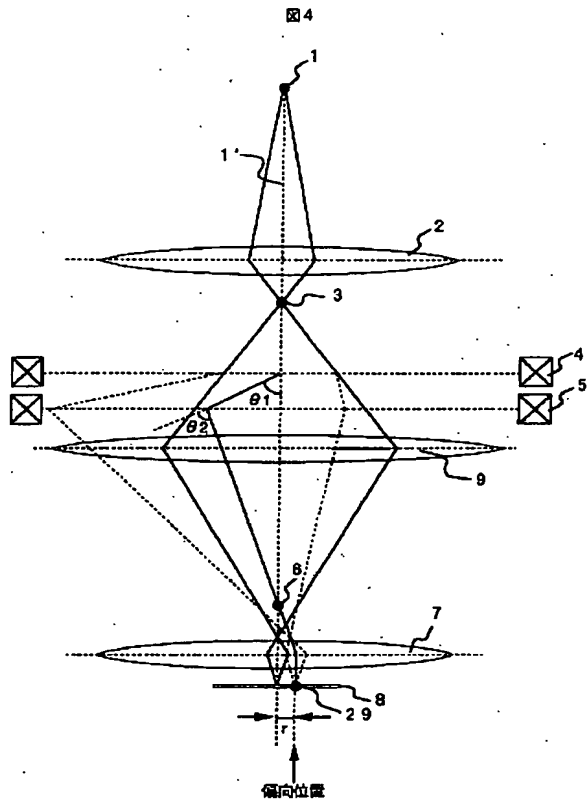


(a)

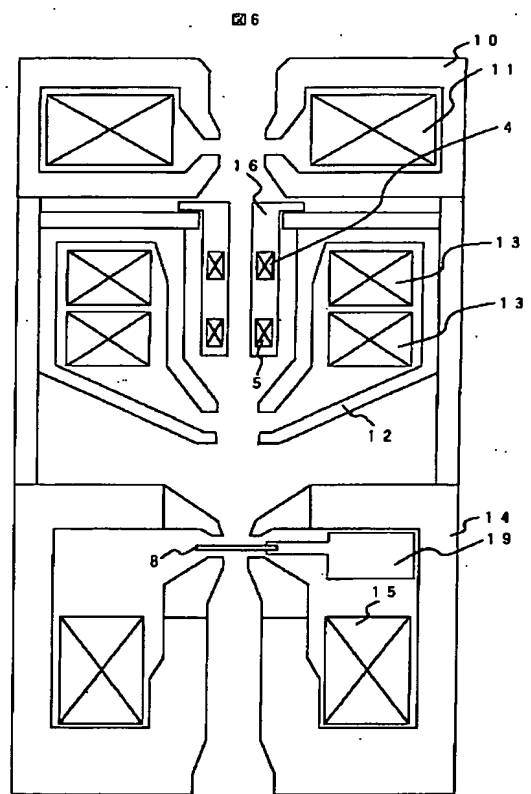
単位： μm 

(b)

【図4】

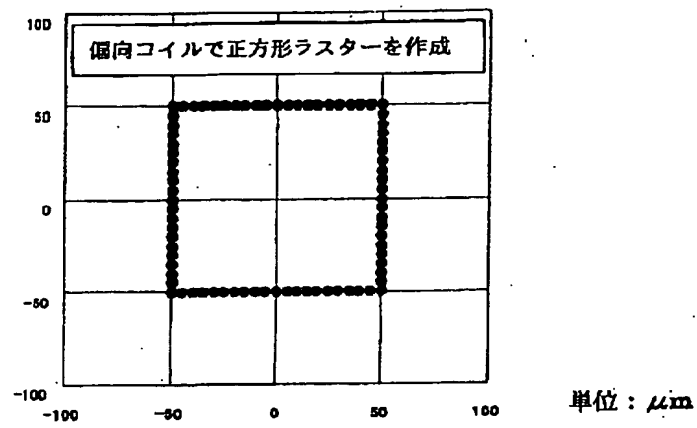


【図6】

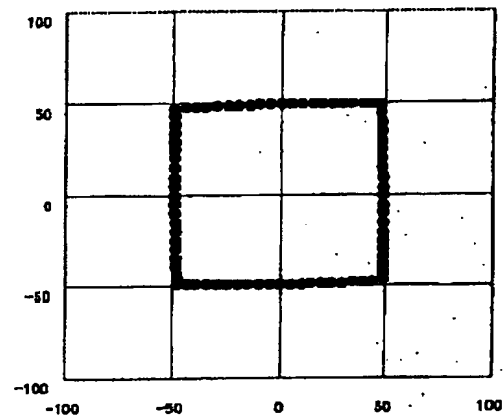
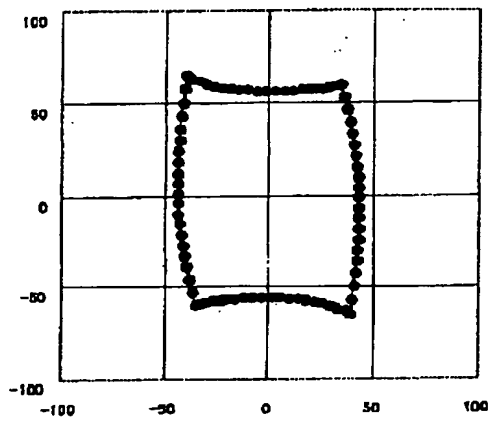


【図5】

図5

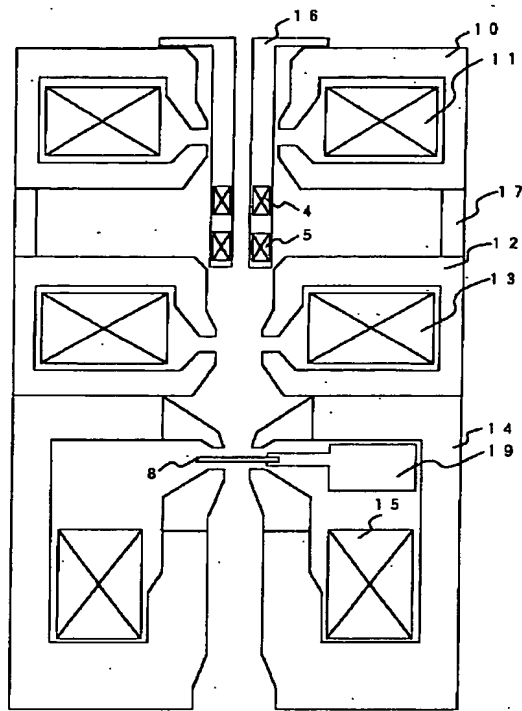


(a)



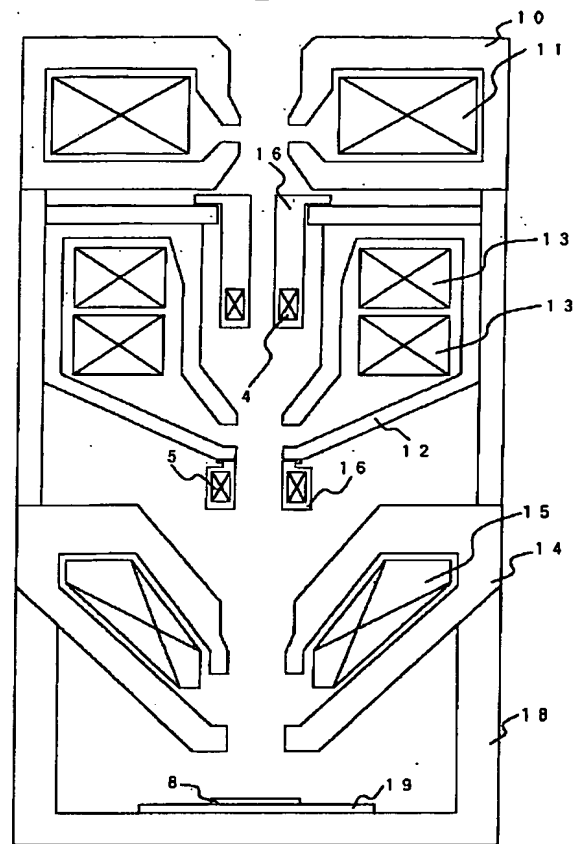
【図7】

図7

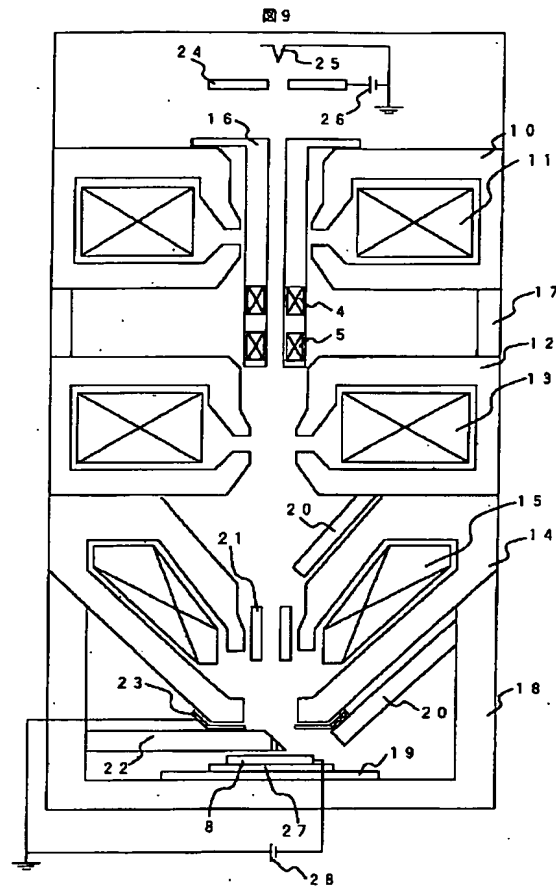


【図8】

図8



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 貢
茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会
社日立製作所計測器グループ内
(72)発明者 市橋 幹雄
茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会
社日立製作所計測器グループ内

(72)発明者 品田 博之
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72)発明者 常田 るり子
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 2H097 CA16 LA10
5C033 FF08 JJ05 UU01 UU02
5F056 AA01 EA05 EA06 EA08